

Beschreibung

Bestimmung einer Relativbewegung eines Fahrwerks und eines Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges

5

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Bestimmung einer Relativbewegung eines Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges.

10

Federwege einer gefederten Verbindung zwischen einem Fahrzeugaufbau und einem Fahrwerk oder Höhenstände der Relativbewegung zwischen dem Fahrwerk und dem Fahrzeugaufbau werden beispielsweise als Eingangsgrößen von Systemen zur Einstellung einer Dämpfung der Relativbewegung und/oder anderen Systemen zur Einstellung und/oder Überwachung von Eigenschaften des Fahrwerks verwendet.

15

Die Erfindung betrifft insbesondere eine Kombination der Anordnung mit zumindest einem der vorgenannten Systeme oder mit einer beliebigen Kombination derartiger Systeme.

20

Um die Federwege oder Höhenstände zu bestimmen, ist es bekannt, im Bereich der Räder eine Länge einer Abmessung zwischen dem Fahrwerk und dem Fahrzeugaufbau oder die Veränderung einer Position eines Messpunktes zu messen. Vierrädrige Fahrzeuge besitzen beispielsweise jeweils einen derartigen Messsensor pro Rad oder drei derartige Messsensoren, die im folgenden als Höhenstandssensoren bezeichnet werden.

25

30

Höhenstandssensoren sind jedoch verhältnismäßig teuer und unterliegen hohen Beanspruchungen während ihres Einsatzes in einem Kraftfahrzeug. Gründe hierfür sind insbesondere mechanische Belastungen z. B. durch Partikel und Steine, die während der Fahrt in den Bereich zwischen Rädern und Fahrzeug-

35

aufbau aufgewirbelt werden, Feuchtigkeit sowie Temperaturschwankungen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Anordnung und ein Verfahren anzugeben, die eine zuverlässige und kostengünstige Bestimmung einer Relativbewegung eines Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges erlauben.

- 10 Es wird vorgeschlagen, für die Bestimmung einer Relativbewegung eines Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges,
- in dem Radfahrzeug drei jeweils quer zueinander gerichtete Linearbeschleunigungen des Radfahrzeuges und zu-
 - 15 mindest zwei Drehraten, jeweils einer Drehbewegung oder einer Komponente einer Drehbewegung um eine Koordinatenachse des Radfahrzeuges, zu messen, wobei die zumindest zwei Koordinatenachsen jeweils quer zueinander verlaufen, und
 - 20 - unter Verwendung der drei Linearbeschleunigungen und der zumindest zwei Drehraten (insbesondere wiederholt) eine momentane Bewegungsposition der Relativbewegung zu bestimmen.

- 25 Weiterhin wird folgendes vorgeschlagen: Eine Anordnung zur Bestimmung einer Relativbewegung eines Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges, mit
- einer in dem Radfahrzeug angeordneten oder anordenbaren
 - 30 Messeinrichtung, wobei die Messeinrichtung ausgestaltet ist, drei jeweils quer zueinander gerichtete Linearbeschleunigungen des Radfahrzeuges und zumindest zwei Drehraten, jeweils einer Drehbewegung oder einer Komponente einer Drehbewegung um eine Koordinatenachse des
 - 35 Radfahrzeuges, zu messen, wobei die zumindest zwei Koordinatenachsen jeweils quer zueinander verlaufen, und

- einer Auswertungseinrichtung, die mit der Messeinrichtung kombiniert ist und ausgestaltet ist, unter Verwendung der drei Linearbeschleunigungen und der zumindest zwei Drehraten eine momentane Bewegungsposition der Relativbewegung zu bestimmen.

Vorzugsweise weist die Messeinrichtung Beschleunigungssensoren zur Messung der drei Linearbeschleunigungen und Drehratensensoren zur Messung der zumindest zwei Drehraten auf, wobei die Beschleunigungssensoren und die Drehratensensoren Teile einer vorgefertigten, zum Einbau in das Radfahrzeug ausgestalteten gerätetechnischen Einheit sein können. Es handelt sich bei dieser Einheit um eine spezielle Ausführungsform einer sogenannten Inertial Measurement Unit (IMU). Die IMU ist beispielsweise dazu bestimmt, an oder in der Nähe des Schwerpunktes eines Radfahrzeuges befestigt zu werden. Vorzugsweise liegt dann der Schwerpunkt des Radfahrzeuges oder eines Fahrzeugaufbaus des Radfahrzeuges innerhalb der Einheit.

Weiterhin wird bevorzugt, dass die drei Linearbeschleunigungen von der Messeinrichtung als linear voneinander unabhängige Messgrößen messbar sind. Vorzugsweise bilden die Richtungen der jeweils von den Beschleunigungssensoren erfassten Beschleunigungen bzw. Beschleunigungskomponenten die Achsen eines dreidimensionalen rechtwinkligen Koordinatensystems.

Entsprechendes wird für die Ausrichtung der zumindest zwei Koordinatenachsen bevorzugt, bezüglich denen Komponenten des Drehvektors einer Drehbewegung des Fahrzeuges gemessen werden. Mit anderen Worten: Die Messeinrichtung ist derart ausgestaltet, dass die zumindest zwei Achsen jeweils paarweise senkrecht zueinander verlaufen.

Die Messeinrichtung kann z. B. für jede Messgröße einen separaten Sensor aufweisen. Es gibt jedoch auch Sensoren, die

gleichzeitig zwei der genannten Messgrößen messen (z. B. zwei Beschleunigungen oder zwei Drehraten).

Insbesondere sind die Messsensoren der Messeinrichtung zur
5 Messung der Drehraten und zur Messung der Linearbeschleunigungen an dem relativ zu einem Fahrzeug-Fahrwerk beweglichen Fahrzeugaufbau befestigt. Dabei ist es bei der erfindungsgemäßen Lösung möglich, zumindest einen Teil der Sensoren und vorzugsweise alle Sensoren an einer gegen Umwelteinflüsse ge-
10 schützten Stelle anzuordnen. Hierfür bietet sich in vielen Fällen der Bereich des Schwerpunktes des Radfahrzeuges oder der Bereich des Schwerpunktes eines Fahrzeugaufbaus an.

Beschleunigungssensoren messen abhängig von der Orientierung
15 des Fahrzeuges eine durch die Erdanziehungskraft beeinflusste Messgröße. Im Stillstand des Fahrzeuges misst der Beschleunigungssensor lediglich die Auswirkungen der Erdanziehungskraft. Die wirkliche Beschleunigung kommt dann in der gemessenen Größe nicht vor.

20 In dieser Beschreibung wird die durch die Erdanziehungskraft veränderte dynamische Beschleunigungsgröße als effektive Beschleunigungsgröße bezeichnet. Vorzugsweise werden bei der Bestimmung der Relativbewegung des Fahrwerks und des Fahrzeugaufbaus die effektiven Beschleunigungswerte verwendet. Es
25 wird daher die Erdanziehung bzw. die Schwerkraft mitberücksichtigt, die auch tatsächlich die Relativbewegung des Fahrwerks und des Fahrzeugaufbaus mit beeinflusst. Eine Korrektur der effektiven Beschleunigungswerte, die z. B. durch Integration der gemessenen Drehraten und durch Bestimmung der Ori-
30 entierung des Fahrzeuges relativ zu einem erdfesten Koordinatensystem möglich wäre, ist nicht erforderlich. Vielmehr wirkt sich die Schwerkraft abhängig von der Fahrsituation (z. B. während der Fahrt auf unterschiedlich geneigter Fahrbahn)
35 in unterschiedlicher Weise auf das Fahrzeug aus und soll mitberücksichtigt werden.

Durch die Verwendung der zumindest zwei Drehraten und der drei Beschleunigungen des Fahrzeuges kann die Relativbewegung zwischen dem Fahrzeugaufbau und dem Fahrwerk auch ohne Höhenstandssensoren festgestellt werden. Dies gilt auch für Kurvenfahrten und/oder Fahrten bei geneigter Fahrbahn bzw. geneigtem Untergrund (seitlich und/oder nach vorne geneigt).

Es kann zumindest ein Teil der kostenintensiven Höhenstandssensoren eingespart werden. Andererseits können die Sensoren zur Messung der Linearbeschleunigungen und Drehraten auch für andere Zwecke (z. B. als Eingangsgrößen für weitere elektronische Systeme wie ein Antiblockiersystem oder das elektronische Stabilitätsprogramm) verwendet werden. Weiterhin ist es möglich, vorhandene Höhenstandssensoren hinsichtlich einer zuverlässigen Bestimmung der Federwege und/oder der Höhenpositionen zu überwachen. Liefern die Höhenstandssensoren vorübergehend unplausible Messwerte, kann u. U. unter Einbeziehung weiterer Messgrößen (wie z. B. Fahrgeschwindigkeit, Lenkwinkel) entschieden werden, ob ein Betrieb von Systemen, die die Höhenstände als Eingangsgrößen verwenden, noch möglich ist. Z. B. kann entschieden werden, dass die auf die erfindungsgemäße Art bestimmten Höhenstände (oder äquivalenten Größen) noch verwendet werden können, da die Höhenstandssensoren durch Umwelteinflüsse gestört sind.

Insbesondere wird unter Verwendung der zumindest zwei Drehraten und der drei Linearbeschleunigungen eine Mehrzahl von momentanen Bewegungspositionen berechnet, wobei jede der Bewegungspositionen ein Maß für einen Abstand zwischen dem Fahrzeugaufbau und zumindest einem Rad des Fahrwerks ist.

Vorzugsweise wird die momentane Bewegungsposition unter Berücksichtigung einer, insbesondere gedämpften, Federung zwischen zumindest einem der Räder des Radfahrzeuges und einem Fahrzeugaufbau berechnet.

Insbesondere kann die Auswertungseinrichtung eine Berechnungseinheit aufweisen, die ausgestaltet ist, die Relativbewegung zu berechnen. Die Berechnungseinheit weist z. B. einen Mikroprozessor auf.

5

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei wird Bezug auf die beigefügte schematische Zeichnung genommen und eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben. Gleiche Bezugszeichen in der Zeichnung bezeichnen gleiche, funktionsgleiche oder äquivalente Einheiten oder Einrichtungen. Die einzelnen Figuren der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 ein Straßenkraftfahrzeug mit einer Anordnung zur Bestimmung der Relativbewegung zwischen einem Fahrwerk und einem Fahrzeugaufbau,
- Fig. 2 eine Ausgestaltung der in Fig. 1 dargestellten Auswertungseinrichtung in Kombination mit einer Messeinrichtung,
- Fig. 3 die in Fig. 1 dargestellte Messeinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse mit der Auswertungseinrichtung,
- Fig. 4 ein Modell eines Straßenkraftfahrzeuges mit einem Fahrwerk und mit einem über eine gedämpfte Federung mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbau in Seitenansicht,
- Fig. 5 das Modell gemäß Fig. 4 von vorne,
- Fig. 6 eine Darstellung eines Straßenkraftfahrzeuges zur Erläuterung von Abmessungen und Winkeln und
- Fig. 7 ein Beispiel für eine Ausgestaltung der in Fig. 1 dargestellten Messeinrichtung.

30

Das in Fig. 1 dargestellte Straßenkraftfahrzeug 20 weist zwei Vorderräder und zwei Hinterräder auf, von denen das rechte Vorderrad mit dem Bezugszeichen 22 bezeichnet ist und von denen das rechte Hinterrad mit dem Bezugszeichen 24 bezeichnet ist. Die Vorderräder sind einer Vorderachse 26 zugeordnet. Die Hinterräder sind einer Hinterachse 27 zugeordnet. Die einer Achse zugeordneten Räder drehen sich bei Geradeausfahrt

35

des Straßenkraftfahrzeuges 20 coaxial, d. h. sie weisen eine gemeinsame Drehachse auf. In dem Straßenkraftfahrzeug 20 ist eine Messeinrichtung 1 angeordnet, die mit einer Auswertungseinrichtung 9 verbunden ist.

5

Wie in Fig. 7 dargestellt ist, weist die Messeinrichtung 1 beispielsweise eine Beschleunigungs-Messeinrichtung 3 und eine Drehraten-Messeinrichtung 4 auf. Die Messeinrichtung 1 ist insbesondere eine vorgefertigte bauliche Einheit, wobei die
10 entsprechenden Messsensoren zur Messung der Beschleunigungen und Drehraten relativ zueinander positionsfest in der Einheit angeordnet sind. Die bautechnische Einheit ist vorzugsweise dazu bestimmt, an oder in der Nähe des Schwerpunktes eines Kraftfahrzeuges befestigt zu werden, wobei eine bestimmte
15 Ausrichtung in dem Kraftfahrzeug angestrebt wird.

Insbesondere weist die Beschleunigungs-Messeinrichtung 3 drei Linear-Beschleunigungssensoren 31, 32, 33 auf (Fig. 7), die derart angeordnet sind, dass jeweils einer der Beschleunigungssensoren eine Beschleunigung oder Beschleunigungskomponente des Fahrzeuges in Richtung der Achsen eines kartesischen Koordinatensystems misst, wobei die x-Achse nach vorne in Längsrichtung des Fahrzeuges weist, die y-Achse quer zur Längsachse gerichtet ist und die z-Achse (bei horizontal ausgerichtetem Fahrzeug) senkrecht nach oben weist. Ein derartiges Koordinatensystem ist schematisch in Fig. 6 dargestellt. Diese Figur zeigt ein Straßenkraftfahrzeug 20 mit zwei lenkbaren Vorderrädern 21, 22 und zwei nicht lenkbaren Hinterrädern 23, 24. Die Vorderräder sind in dem dargestellten Zustand nach links eingeschlagen und weisen gegen die x-Achse einen Lenkwinkel von δ_L (linkes Vorderrad 21) bzw. δ_R (rechtes Vorderrad 22) auf. Die Vorderräder 21, 22 haben einen Abstand (Radstand) s_F , die Hinterräder 23, 24 einen Abstand s_R voneinander. r_R bezeichnet den Radius der Hinterräder 23, 24.
20
25
30
35 In Längsrichtung etwa in der Mitte eines Fahrzeugaufbaus 25 ist die Messeinrichtung 1 angeordnet. Sie hat in Längsrich-

tung einen Abstand l_F von der Achse der Vorderräder 21, 22 und einen Abstand l_R von der Achse der Hinterräder 23, 24.

Die Erfindung ist nicht auf Radfahrzeuge mit Vorderradlenkung
5 beschränkt. Vielmehr können z. B. zusätzlich auch die Hinterräder lenkbar sein.

Ein Ausführungsbeispiel für die in Fig. 1 gezeigte Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Die Beschleunigungs-
10 Messeinrichtung 3 ist über eine Filtereinrichtung 5 mit der Auswertungseinrichtung 9 verbunden. Die Drehraten-Messeinrichtung 4 ist über die Filtereinrichtung 5 ebenfalls mit der Auswertungseinrichtung 9 verbunden.

15 Die in Fig. 2 dargestellte Filtereinrichtung 5 steht stellvertretend für weitere Filtereinrichtungen, die zusätzlich bei den in Fig. 1 bis Fig. 3 dargestellten Anordnungen oder bei abgewandelten Anordnungen vorgesehen sein können. Die von den Filtereinrichtungen durchgeführte Filterung von Messsig-
20 nalen und/oder daraus abgeleiteten Signalen dient insbesondere der Eliminierung von etwaig vorhandenem Rauschen und der Eliminierung von hochfrequenten Schwankungen der Messsignale, beispielsweise auf Grund von Vibrationen des Fahrzeugaufbaus. Die Filtereinrichtungen können insbesondere zumindest ein
25 Tiefpassfilter und/oder zumindest ein Bandpassfilter aufweisen.

Die Filtereinrichtung 5 filtert die von den Beschleunigungs-Messsensoren der Beschleunigungs-Messeinrichtung 3 gemessenen
30 Beschleunigungssignale und die von den Drehraten-Messsensoren der Drehraten-Messeinrichtung 4 gemessenen Drehratensignale, bevor diese zu der Auswertungseinrichtung 9 übertragen werden.

35 Wie Fig. 3 zeigt können die Messeinrichtung 1 und die Auswertungseinrichtung 9 zusammen mit weiteren Einheiten und/oder Einrichtungen in einem gemeinsamen Gehäuse 2 angeordnet sein.

Wie in der Figur dargestellt ist, kann die Auswertungseinrichtung 9 eine Berechnungseinheit 11 und eine Überwachungseinrichtung 10 aufweisen. Die Berechnungseinheit 11 dient der Berechnung der Relativbewegungen von Fahrzeugaufbau und Fahrwerk. Die Überwachungseinrichtung 10 dient der Überwachung der von der Messeinrichtung 1 erzeugten Messsignale.

Unter Verwendung von Messsignalen eines Lenkwinkels und einer Fahrzeuggeschwindigkeit, die über einen Eingang 6 empfangen werden, führt die Überwachungseinrichtung 10 eine Überwachung von zumindest einer der von der Messeinrichtung 1 gemessenen Größen durch. Beispielsweise verwendet die Überwachungseinrichtung 10 für die Überwachung der Linearbeschleunigungen zumindest zwei Winkel (die durch Integration der Drehraten erhaltenen Wankwinkel und Nickwinkel des Fahrzeuges), die ein Maß für die Orientierung des Fahrzeuges in einem erdfesten Koordinatensystem sind. Auf diese Weise kann sie berücksichtigen, dass die gemessenen Linearbeschleunigungen abhängig von der Orientierung des Fahrzeuges relativ zu dem erdfesten Koordinatensystem eine Komponente enthalten, die auf die Erdanziehung zurückzuführen ist.

Wie ebenfalls in Fig. 3 dargestellt ist, kann die Berechnungseinheit 11 z. B. mit einer Dämpfungs-Stelleinrichtung 12 verbunden sein, um (wie bereits erläutert) eine Dämpfung einer Federung zwischen dem Fahrwerk und dem Fahrzeugaufbau einzustellen. Über eine Schnittstelle 13, mit der z. B. die Dämpfungs-Stelleinrichtung 12 verbunden ist (und die alternativ direkt mit der Berechnungseinheit 11 verbunden sein kann), können entsprechende Informationen über eine solche Fahrsituation an ein System ausgegeben werden, das die Höhenstände und/oder die von der Messeinrichtung gemessenen Linearbeschleunigungen und/oder Drehraten als Eingangsgrößen verwendet.

35

Im Folgenden wird nun auf ein Beispiel für die Berechnung der Relativbewegung eingegangen, die beispielsweise von der Be-

rechnungseinheit 11 durchgeführt wird. Dabei wird ein physikalisches Fahrzeugmodell verwendet.

Bei dem Modell wird der Fahrzeugaufbau als starrer Körper betrachtet, d. h. es werden keine Elastizitäten des Fahrzeugaufbaus zugelassen. Jedoch ist eine (insbesondere gedämpfte) Federung zwischen den Rädern und dem Fahrzeugaufbau berücksichtigt. Weiterhin werden drei Freiheitsgrade der Relativbewegung zwischen dem Fahrwerk und dem Fahrzeugaufbau zugelassen, nämlich eine lineare Bewegung in z-Richtung (z. B. die Bewegung eines Punktes im Fahrzeugaufbau, an dem die Messeinrichtung misst), eine erste Drehbewegung um eine waagerecht in dem Fahrzeug verlaufende erste Drehachse (insbesondere die x-Achse) und eine zweite Drehbewegung um eine waagerecht in dem Fahrzeug verlaufende zweite Drehachse (insbesondere die y-Achse), die quer zu der ersten Drehachse verläuft.

Fig. 4 und Fig. 5 stellen das Modell schematisch dar. Ein Fahrzeugaufbau 28 hat einen Schwerpunkt CG und ist über Federn 40, 41, 43 (gezeigt sind in den beiden Figuren nur drei der vier Räder) und über parallel zu den Federn 40, 41, 43 wirkende Dämpfungsglieder 44, 45, 47 einzeln mit den vier Rädern 21, 22, 23, 24 verbunden. Da die Räder 21, 22, 23, 24 nicht unmittelbar mechanisch miteinander gekoppelt sind, kann man auch von einem Fünf-Massen-Modell sprechen. Die Räder 21, 22, 23, 24 stehen auf dem Untergrund 30 (z. B. einer Fahrbahn) auf. Es hat sich jedoch gezeigt, dass unter bestimmten Voraussetzungen dem Fünf-Massen-Modell ein Zwei-Massen-Modell äquivalent ist, bei dem die Räder und weitere Teile des Fahrwerks eine Masse bilden und der Fahrzeugaufbau die andere Masse bilden. Anstelle der einzelnen Federn zwischen den Rädern und dem Fahrzeugaufbau wird jeweils eine einzige Summenfeder und (optional) jeweils eine zugehörige Dämpfung für jeden der drei genannten Freiheitsgrade betrachtet. Dennoch ist es möglich mit dem Zwei-Massen-Modell die Federwege oder Höhenstände an den vier Rädern einzeln zu berechnen.

Im Rahmen des Modells werden die folgenden Differentialgleichungen gelöst:

$$\begin{aligned}
 \kappa_R \Delta \varphi + \gamma_R \Delta \dot{\varphi} &= c_R a_y^{(e)} - \dot{\omega}_x \\
 \kappa_P \Delta \vartheta + \gamma_P \Delta \dot{\vartheta} &= -c_P a_x^{(e)} - \dot{\omega}_y \\
 k \Delta z + \Gamma \Delta \dot{z} &= -a_z^{(e)}
 \end{aligned}$$

Dabei sind κ_R , κ_P , k Parameter des Fahrzeuges, die einer linearen Federkraft der jeweiligen Bewegungskomponente des Freiheitsgrades entsprechen, γ_R , γ_P , Γ Parameter des Fahrzeuges, die einem linearen Dämpfungsterm der jeweiligen Bewegungskomponente entsprechen, c_R , c_P weitere Parameter des Fahrzeuges, $\Delta \varphi$ der relative Drehwinkel zwischen Fahrzeugaufbau und Fahrwerk um die x-Achse (Wankwinkel), $\Delta \vartheta$ der relative Drehwinkel zwischen Fahrzeugaufbau und Fahrwerk um die y-Achse (Nickwinkel) und $a_j^{(e)}$, $j = x, y, z$ die von der am Schwerpunkt des Fahrzeugaufbaus angeordneten Messeinrichtung gemessenen effektiven Linearbeschleunigungen in x-, y- und z-Richtung.

20

Sämtliche Parameter können vorab beispielsweise experimentell und/oder rechnerisch für ein bestimmtes Fahrzeug oder einen bestimmten Fahrzeugtyp bestimmt werden.

25 Damit lassen sich die Differentialgleichungen (insbesondere numerisch) lösen und die Bewegungen in den drei Freiheitsgraden $\Delta \varphi$, $\Delta \vartheta$ und Δz wiederholt (z. B. mit einer Frequenz von mehr als 100 Hz) bestimmen.

30 Durch Einsetzen in die Federwegsgleichungen

$$\begin{aligned}
 \Delta h_{FL} &= \Delta z - l_F \Delta \vartheta + \frac{1}{2} s_F \Delta \varphi \\
 \Delta h_{FR} &= \Delta z - l_F \Delta \vartheta - \frac{1}{2} s_F \Delta \varphi
 \end{aligned}$$

$$\Delta h_{RL} = \Delta z + l_R \Delta \vartheta + \frac{1}{2} s_R \Delta \varphi$$

$$\Delta h_{RR} = \Delta z + l_R \Delta \vartheta - \frac{1}{2} s_R \Delta \varphi$$

erhält man die Federwege $\Delta h_j, j = FL, FR, RL, RR$ (der erste Index F steht für "Front" bzw. "vorne", der erste Index R steht für "Rear" bzw. "hinten", der zweite Index L steht für "links" und der zweite Index R steht für "rechts"), wobei s_F der Radstand der Vorderräder ist, s_H der Radstand der Hinterräder ist und l_F, l_R die bereits anhand von Fig. 6 eingeführten Abstände der Messeinrichtung in x-Richtung von der Vorderachse bzw. der Hinterachse sind.

Wie zuvor erwähnt, setzt dieses Modell den Fahrzeugaufbau als in sich starrer Körper voraus und ist damit in guter Näherung für die Fahrt von Kraftfahrzeugen auf Straßen geeignet. Das Modell berücksichtigt, wie beschrieben, Wank- und Nickbewegungen und ist daher insbesondere für Fahrsituationen und/oder Fahrzeuge geeignet, bei denen solche Bewegungen auftreten. Dies ist vor allem bei Fahrzeugen mit hoch über dem Fahrwerk gelegenen Schwerpunkt des Fahrzeugaufbaus der Fall, z. B. bei Lastkraftwagen und geländetauglichen Fahrzeugen.

Bei dem oben angegebenen Satz von drei Differentialgleichungen können insbesondere die folgenden Änderungen vorgenommen werden oder Alternativen realisiert werden:

- die Federn können als nichtlineare Federn beschrieben werden,
- in einer oder mehreren der Gleichungen, insbesondere in der Gleichung für den Nickwinkel $\Delta \vartheta$, kann eine Verteilung einer Bremskraft oder von Bremskräften und/oder einer Antriebskraft oder von Antriebskräften (z. B. bei Allrad-angetriebenen Fahrzeugen) über die Räder zusätzlich berücksichtigt werden und/oder

- die Gleichungen können zumindest teilweise gekoppelt sein.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Bestimmung einer Relativbewegung eines
5 Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen
Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges (20), mit
- einer in dem Radfahrzeug (20) angeordneten oder anorden-
baren Messeinrichtung (1), wobei die Messeinrichtung (1) aus-
gestaltet ist, drei jeweils quer zueinander gerichtete Line-
10 arbeschleunigungen des Radfahrzeuges (20) und zumindest zwei
Drehraten, jeweils einer Drehbewegung oder einer Komponente
einer Drehbewegung um eine Koordinatenachse des Radfahrzeuges
(20), zu messen, wobei die zumindest zwei Koordinatenachsen
jeweils quer zueinander verlaufen, und
 - 15 - einer Auswertungseinrichtung (9), die mit der Messein-
richtung (1) kombiniert ist und ausgestaltet ist, unter Ver-
wendung der drei Linearbeschleunigungen und der zumindest
zwei Drehraten eine momentane Bewegungsposition der Relativ-
bewegung zu bestimmen.
- 20
2. Anordnung nach Anspruch 1, wobei die Messeinrichtung (1)
Beschleunigungssensoren (31, 32, 33) zur Messung der Linear-
beschleunigungen und Drehratensensoren (41, 42, 43) zur Mes-
25 sung der Drehraten aufweist und wobei die Beschleunigungssen-
soren (31, 32, 33) und die Drehratensensoren Teile einer vor-
gefertigten, zum Einbau in das Radfahrzeug (20) ausgestalte-
ten gerätetechnischen Einheit (2) sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Messeinrich-
30 tung (1) derart ausgestaltet ist, dass die drei Linearbe-
schleunigungen als linear voneinander unabhängige Messgrößen
messbar sind.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die
35 Messeinrichtung (1) derart ausgestaltet ist, dass die zumin-
dest zwei Koordinatenachsen jeweils paarweise senkrecht zu-
einander verlaufen.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Auswertungseinrichtung (9) eine Berechnungseinheit (11) aufweist, die ausgestaltet ist, unter Verwendung der zumindest
5 zwei Drehraten und der drei Linearbeschleunigungen eine Mehrzahl von momentanen Bewegungspositionen zu berechnen, wobei jede der Bewegungspositionen ein Maß für einen Abstand zwischen dem Fahrzeugaufbau und zumindest einem Rad des Fahrwerks ist.
- 10 6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Auswertungseinrichtung (9) eine Berechnungseinheit (11) aufweist, die ausgestaltet ist, die momentane Bewegungsposition unter Berücksichtigung einer, insbesondere gedämpften, Federung
15 (40, 41, 43) zwischen zumindest einem der Räder (21, 22, 23, 24) des Radfahrzeuges (20) und einem Fahrzeugaufbau (28) zu berechnen.
7. Verfahren zur Bestimmung einer Relativbewegung eines
20 Fahrwerks und eines beweglich mit dem Fahrwerk verbundenen Fahrzeugaufbaus eines Radfahrzeuges (20), wobei
- in dem Radfahrzeug (20) drei jeweils quer zueinander gerichtete Linearbeschleunigungen des Radfahrzeuges (20) und zumindest zwei Drehraten, jeweils einer Drehbewegung oder ei-
25 ner Komponente einer Drehbewegung um eine Koordinatenachse des Radfahrzeuges (20), gemessen werden, wobei die zumindest zwei Koordinatenachsen jeweils quer zueinander verlaufen, und
- unter Verwendung der drei Linearbeschleunigungen und der zumindest zwei Drehraten eine momentane Bewegungsposition
30 der Relativbewegung bestimmt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Linearbeschleunigungen mit Beschleunigungssensoren (31, 32, 33) und die Drehraten mit Drehratensensoren (41, 42, 43) gemessen werden und
35 wobei die Beschleunigungssensoren (31, 32, 33) und die Drehratensensoren Teile einer vorgefertigten, in dem Radfahrzeug (20) angeordneten gerätetechnischen Einheit (1) sind.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei die drei Linearbeschleunigungen als linear voneinander unabhängige Messgrößen gemessen werden.

5

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die zumindest zwei Koordinatenachsen der Drehraten jeweils paarweise senkrecht zueinander verlaufen.

10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei unter Verwendung der zumindest zwei Drehraten und der drei Linearbeschleunigungen eine Mehrzahl von momentanen Bewegungspositionen berechnet wird und wobei jede der Bewegungspositionen ein Maß für einen Abstand zwischen dem Fahrzeugaufbau und zu-

15 mindest einem Rad des Fahrwerks ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei die momentane Bewegungsposition unter Berücksichtigung einer, insbesondere gedämpften, Federung (40, 41, 43) zwischen zumindest einem der Räder (21, 22, 23, 24) des Radfahrzeuges (20)

20 und einem Fahrzeugaufbau (28) berechnet wird.

1/3

FIG 1

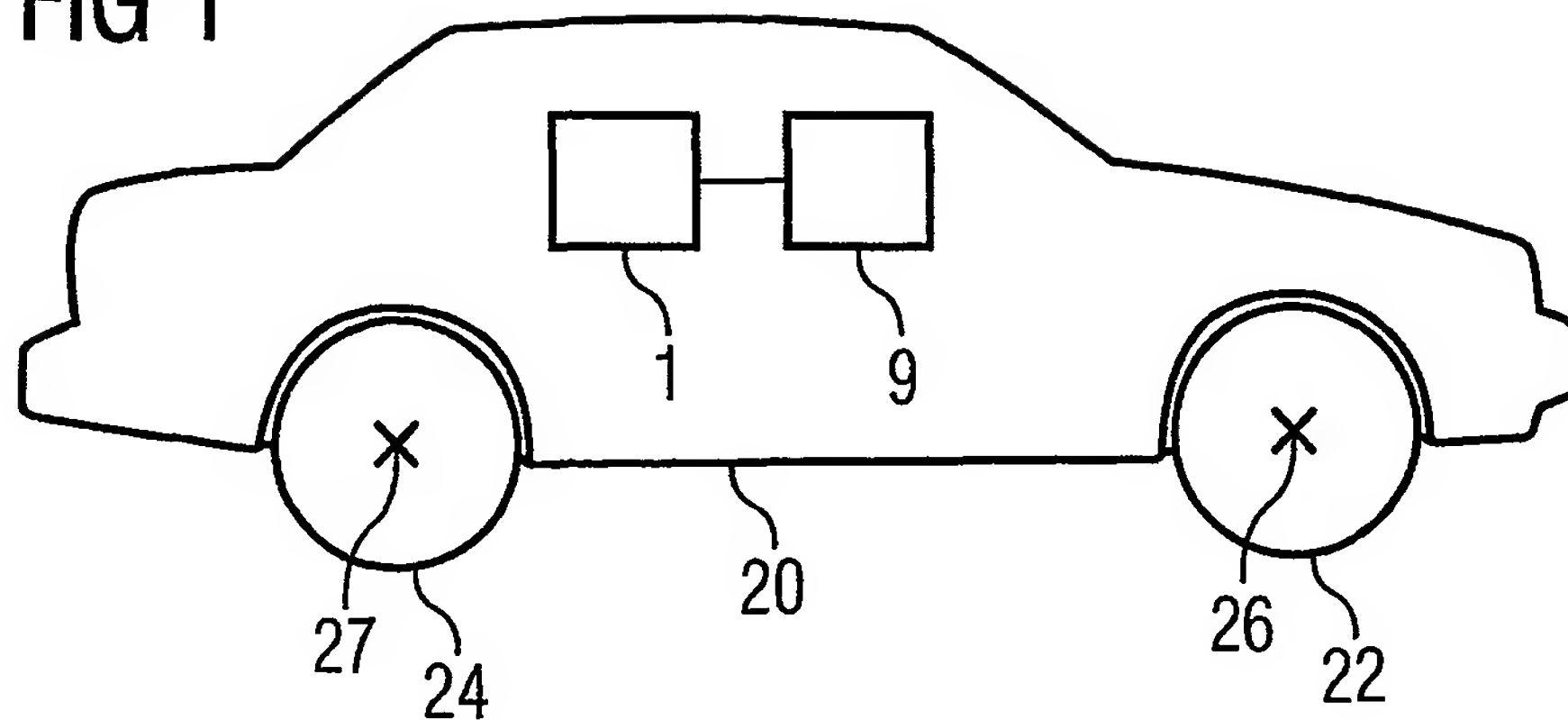


FIG 2

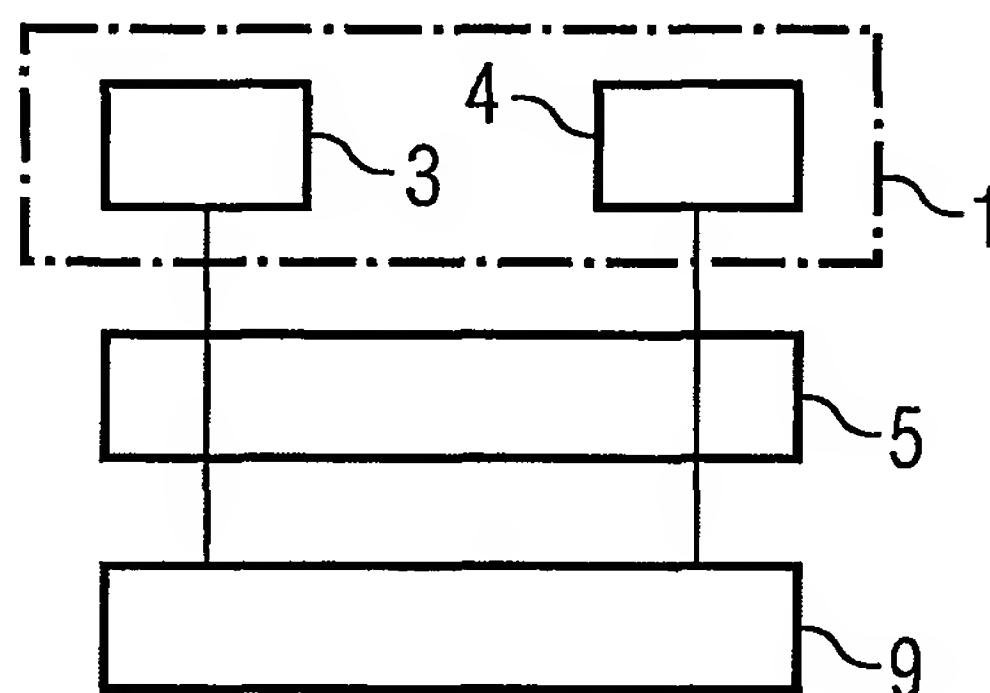
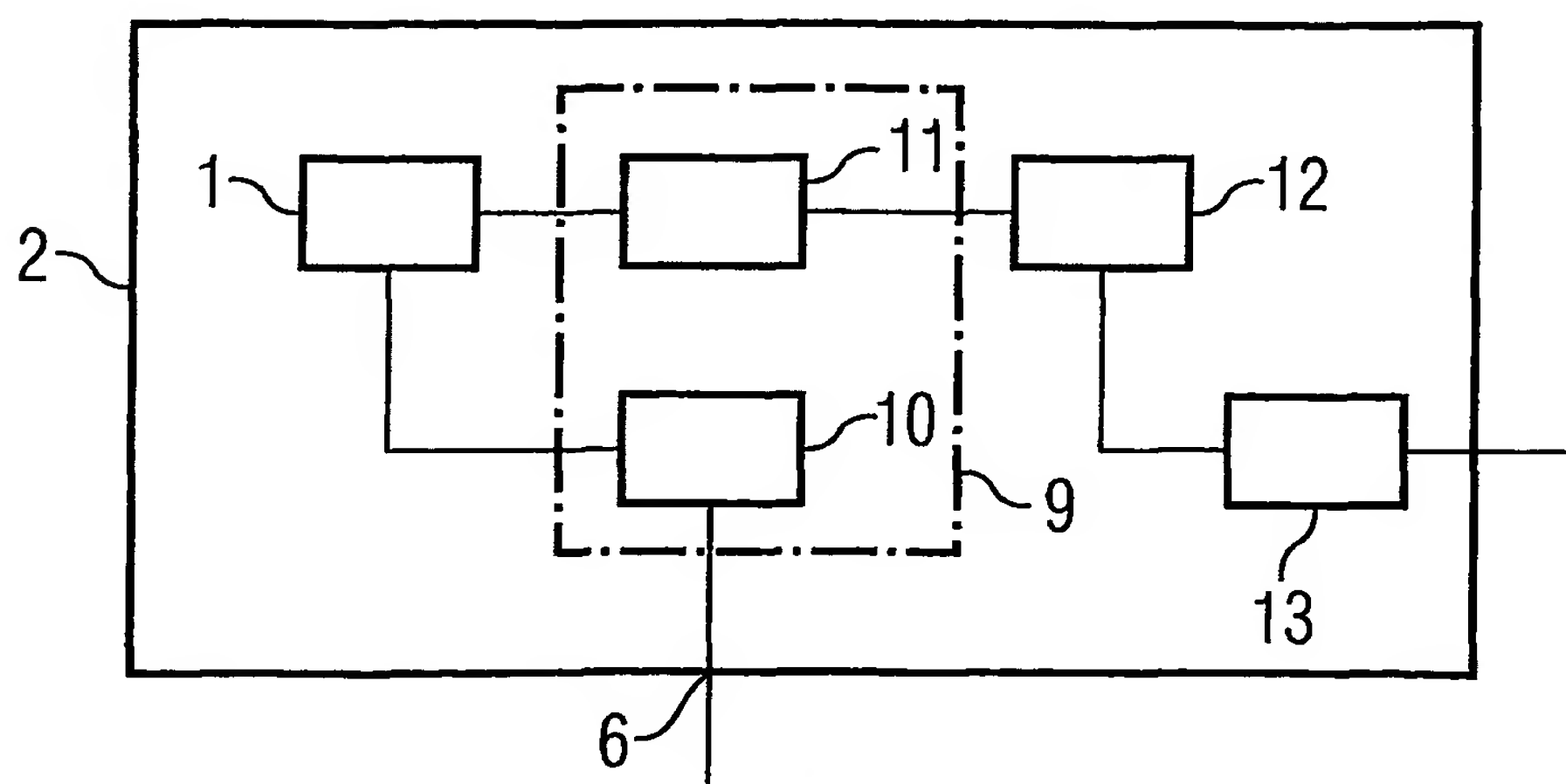


FIG 3



2/3

FIG 4

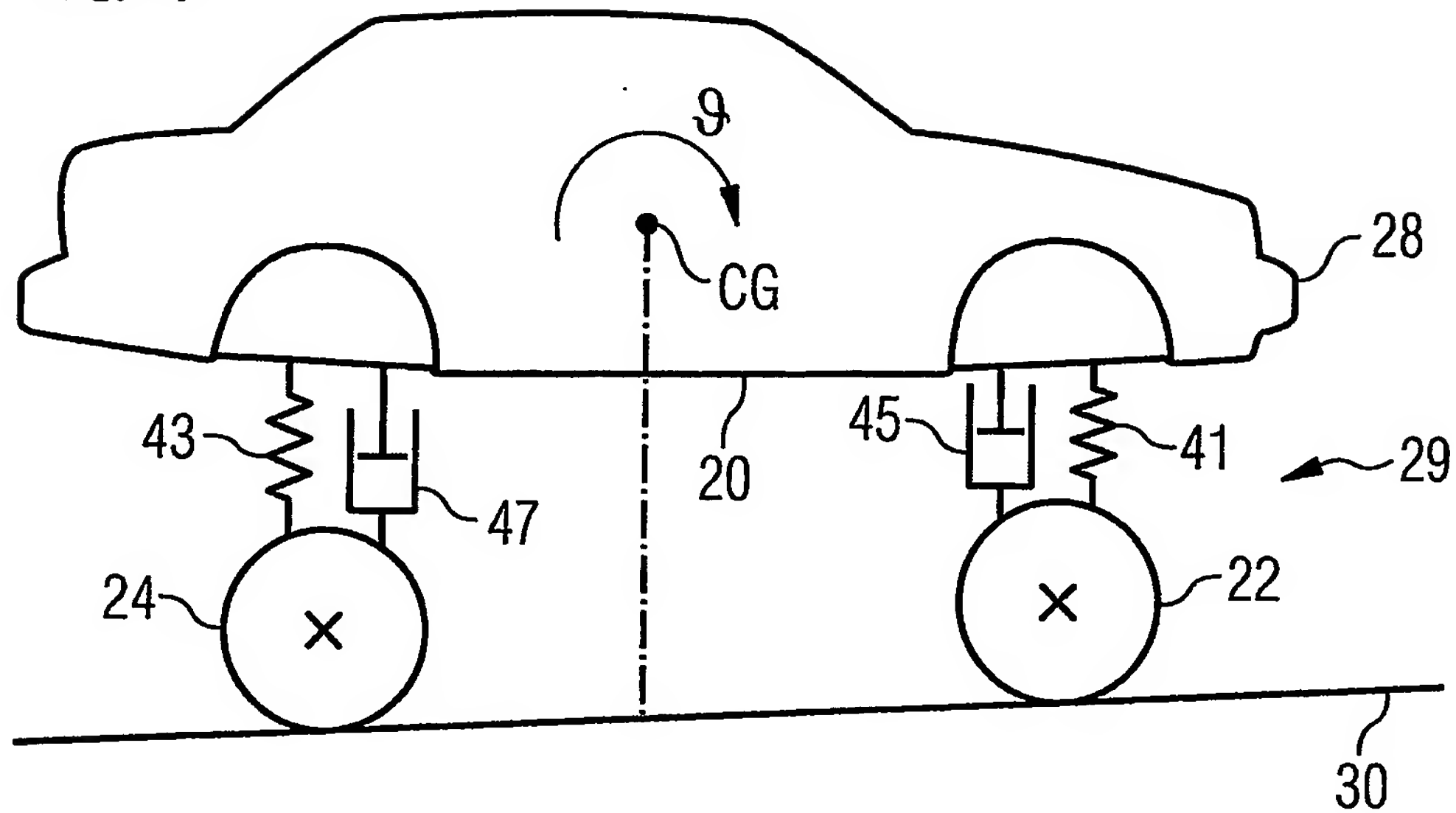


FIG 5

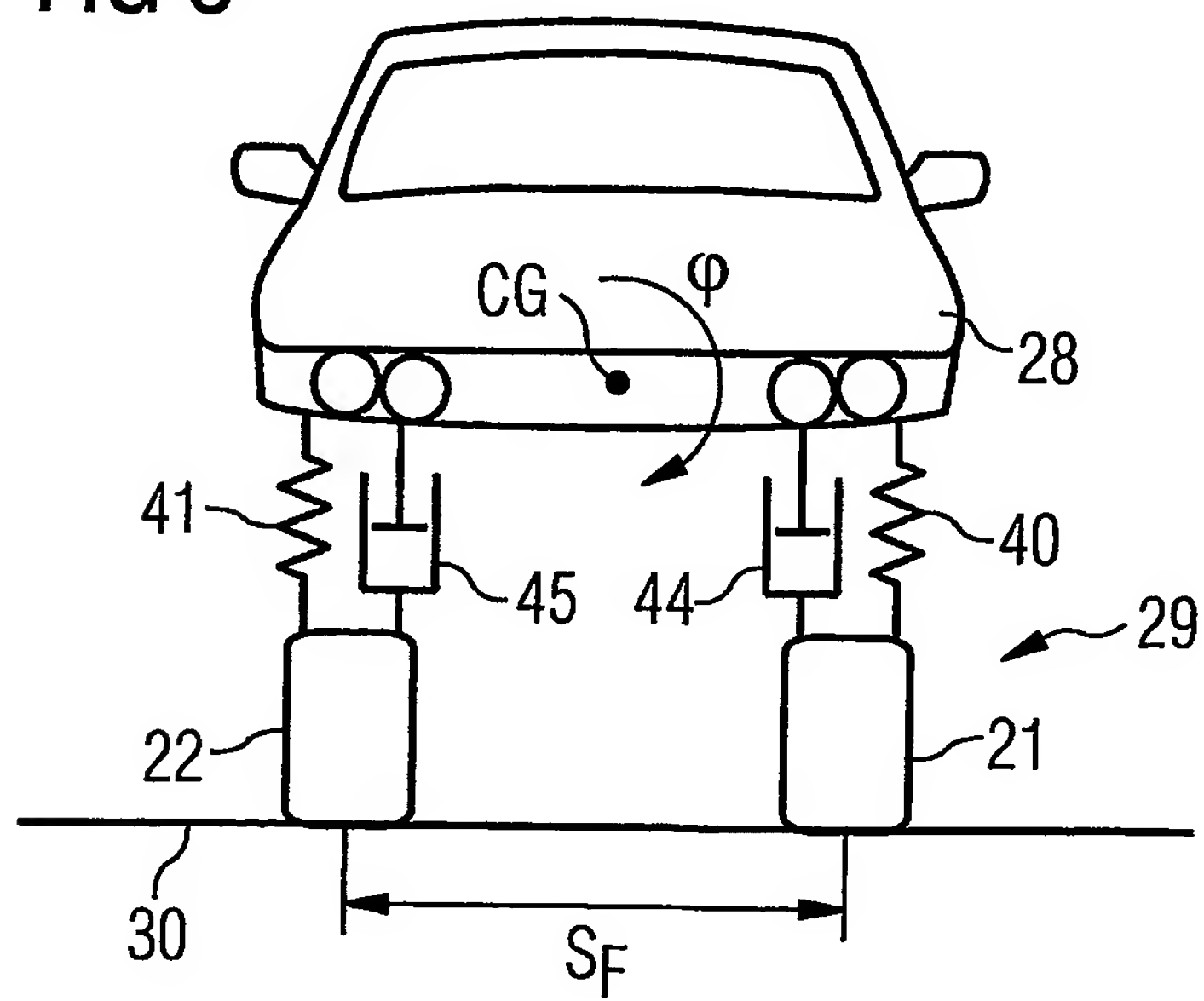


FIG 6

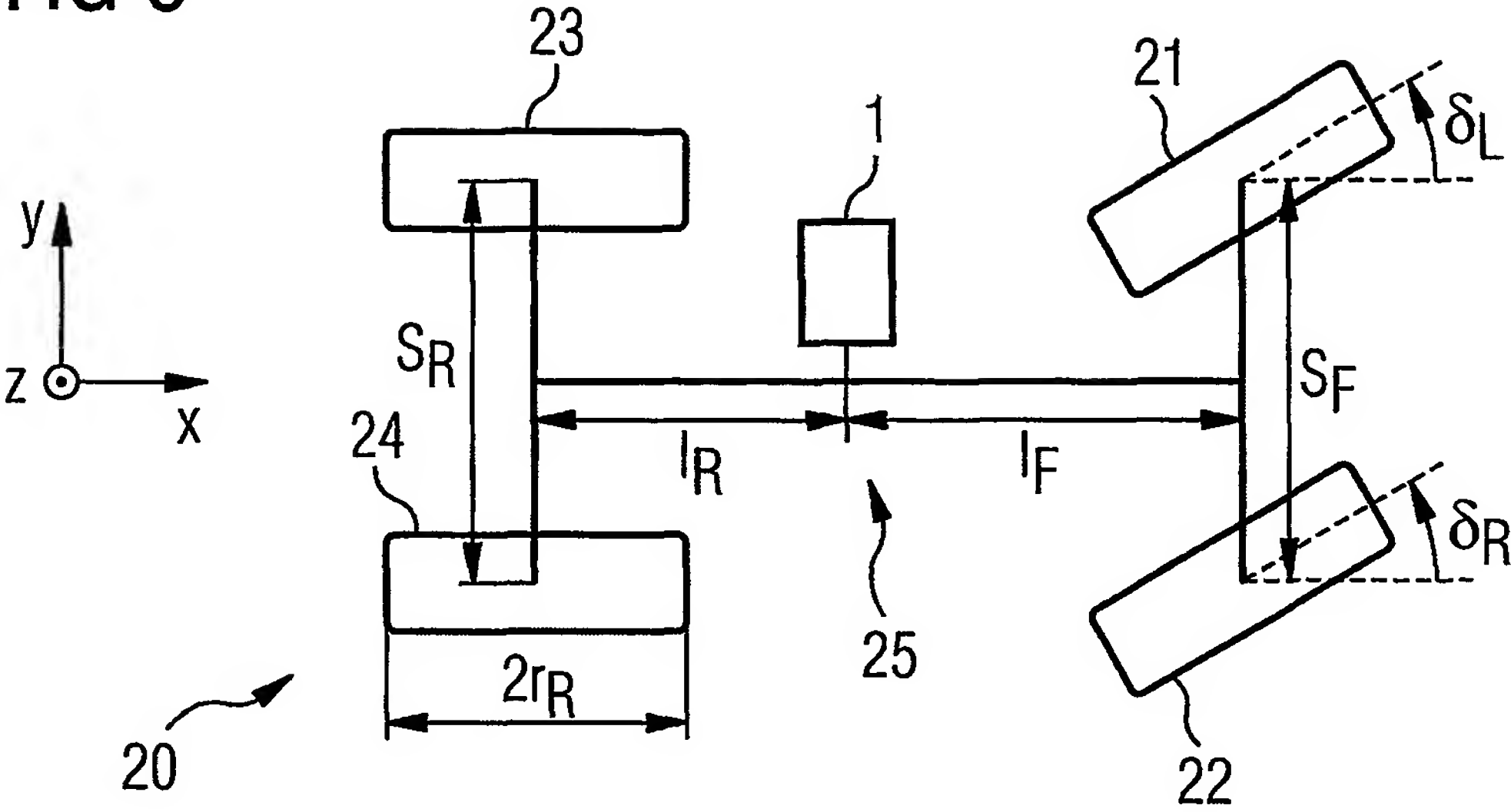
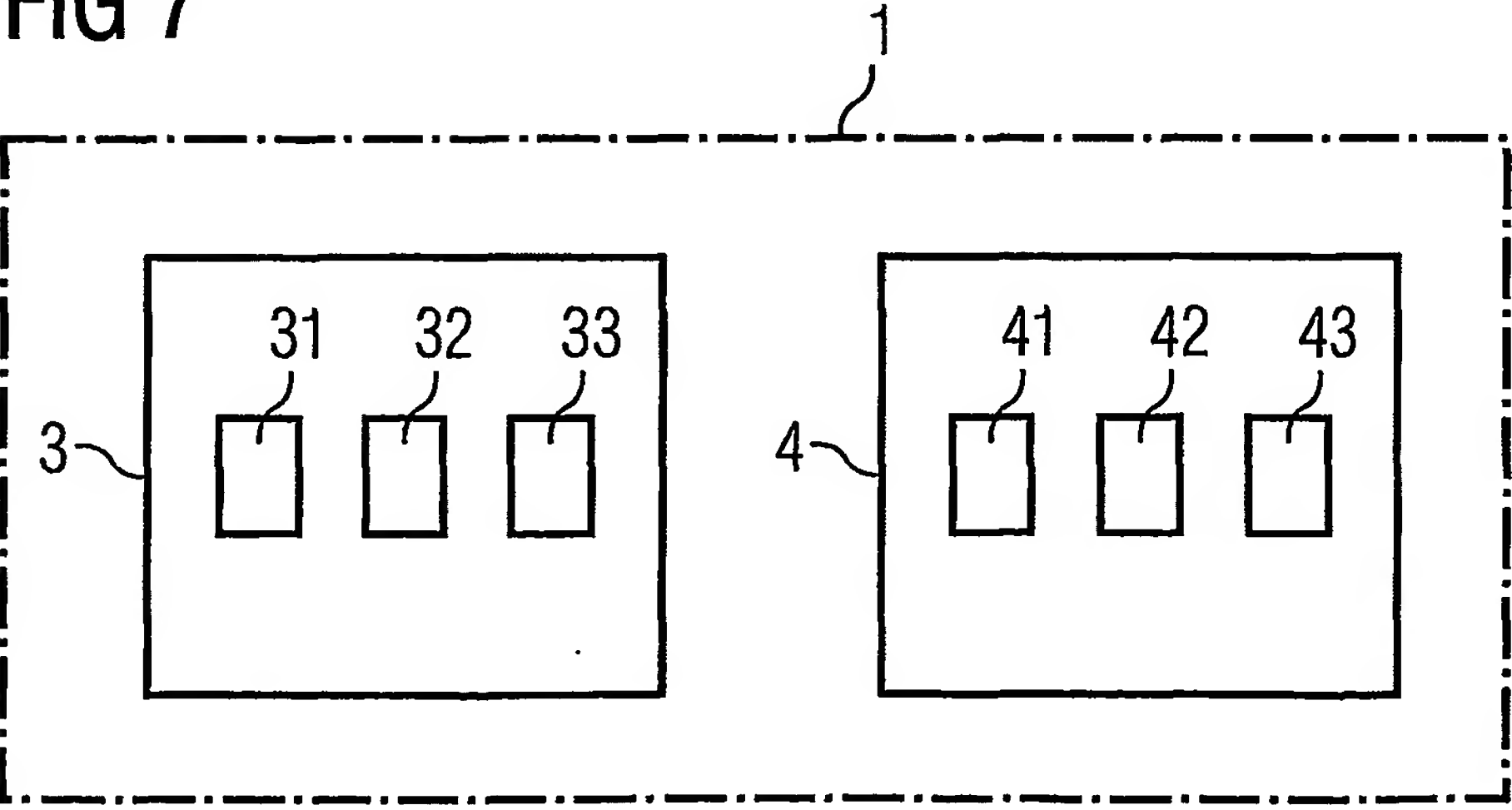


FIG 7



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B60G17/015

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B60G G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 002 709 A (DELPHI TECH INC) 24 May 2000 (2000-05-24) paragraphs '0004!', '0013! page 3, lines 50-52 page 4, line 58 - page 5, line 3 page 5, lines 26,27 page 5, lines 45-48 page 6, lines 14-25	1-4, 6-10,12
A	US 6 298 293 B1 (OHSAKU SATORU) 2 October 2001 (2001-10-02) abstract; figure 5 column 2, lines 33-36 column 2, lines 49-51 claims 1-4	1,7
	-/---	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 January 2005

Date of mailing of the international search report

21/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schultze, Y

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 647 352 B1 (HORTON MICHAEL A) 11 November 2003 (2003-11-11) abstract -----	1,7
A	US 6 085 133 A (SENGER KARL-HEINZ ET AL) 4 July 2000 (2000-07-04) abstract column 2, lines 31-63 -----	1,7

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1002709	A	24-05-2000	US	6292759 B1	18-09-2001
			EP	1002709 A2	24-05-2000
			US	2002128795 A1	12-09-2002
US 6298293	B1	02-10-2001	JP	3424591 B2	07-07-2003
			JP	2000289424 A	17-10-2000
			DE	10016896 A1	19-10-2000
			FR	2794067 A1	01-12-2000
US 6647352	B1	11-11-2003	US	6421622 B1	16-07-2002
US 6085133	A	04-07-2000	DE	4228414 A1	03-03-1994
			JP	3439235 B2	25-08-2003
			JP	6106936 A	19-04-1994

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B60G17/015

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B60G G01C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 002 709 A (DELPHI TECH INC) 24. Mai 2000 (2000-05-24) Absätze '0004!, '0013! Seite 3, Zeilen 50-52 Seite 4, Zeile 58 - Seite 5, Zeile 3 Seite 5, Zeilen 26,27 Seite 5, Zeilen 45-48 Seite 6, Zeilen 14-25	1-4, 6-10,12
A	US 6 298 293 B1 (OHSAKU SATORU) 2. Oktober 2001 (2001-10-02) Zusammenfassung; Abbildung 5 Spalte 2, Zeilen 33-36 Spalte 2, Zeilen 49-51 Ansprüche 1-4	1,7
	----- --/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/01/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schultze, Y

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 647 352 B1 (HORTON MICHAEL A) 11. November 2003 (2003-11-11) Zusammenfassung -----	1,7
A	US 6 085 133 A (SENGER KARL-HEINZ ET AL) 4. Juli 2000 (2000-07-04) Zusammenfassung Spalte 2, Zeilen 31-63 -----	1,7

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
EP 1002709	A	24-05-2000	US	6292759	B1		18-09-2001	
			EP	1002709	A2		24-05-2000	
			US	2002128795	A1		12-09-2002	
US 6298293	B1	02-10-2001	JP	3424591	B2		07-07-2003	
			JP	2000289424	A		17-10-2000	
			DE	10016896	A1		19-10-2000	
			FR	2794067	A1		01-12-2000	
US 6647352	B1	11-11-2003	US	6421622	B1		16-07-2002	
US 6085133	A	04-07-2000	DE	4228414	A1		03-03-1994	
			JP	3439235	B2		25-08-2003	
			JP	6106936	A		19-04-1994	